

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-335767

(43)Date of publication of application : 07.12.1999

(51)Int.Cl. C22C 21/02  
B21J 5/00  
B22D 21/04  
C22C 1/02  
C22C 1/02  
C22F 1/043  
// C22F 1/00  
C22F 1/00  
C22F 1/00  
C22F 1/00  
C22F 1/00

(21)Application number : 10-144024

(71)Applicant : YAMAHA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 26.05.1998

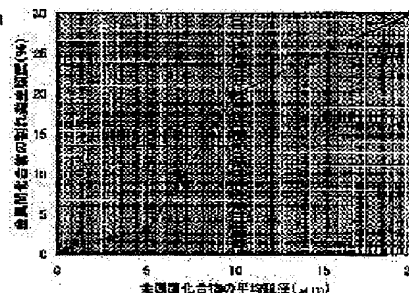
(72)Inventor : KOIKE TOSHIKATSU  
YAMAGATA YUTAKA

## (54) ALUMINUM ALLOY FOR FORGING, AND ITS PRODUCTION

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To open up, for an Al-Si alloy having sufficiently reduced grain size of an intermetallic compound, avenues of use capable of exhibiting its usefulness.

SOLUTION: The aluminum alloy for forging has a composition containing aluminum as a primary component and also containing at least <12 wt.% Si component and 0.7 wt.%, in total, of element components forming a refractory intermetallic compound together with aluminum, and also an average grain size of the intermetallic compound is  $\leq 10 \mu\text{m}$ . Particular attention is paid to the fact that ductility at the time of forging can be increased and cracking can be inhibited by making the average size of the intermetallic compound to  $\leq 10 \mu\text{m}$  and, as a result, forgeability can be improved, and this alloy can be used in the form of a forged product.



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]Make aluminum into a fundamental component and at least A Si component of less than 12% of weight percentage, An aluminum alloy for a forge which contains an element ingredient which makes 0.7% or more of aluminum and a high-melting point intermetallic compound of a weight percentage in total, and is characterized by average size of particles of said high-melting point intermetallic compound being 10 micrometers or less.

[Claim 2]With aluminum of a fundamental component, at least A Si component of less than 12% of weight percentage, In an aluminum alloy for a forge produced by solidifying after fusing an element ingredient which makes 0.7% or more of aluminum and a high-melting point intermetallic compound of a weight percentage in total, An aluminum alloy for a forge average size of particles of said high-melting point intermetallic compound being 10 micrometers or less by stirring said melting alloy [ near the coagulation temperature ] in a cooling process which cools a melting alloy to coagulation temperature.

[Claim 3]With aluminum of a fundamental component, at least A Si component of less than 12% of weight percentage, In a manufacturing method of an aluminum alloy for a forge solidified after fusing an element ingredient which makes 0.7% or more of aluminum and a high-melting point intermetallic compound of a weight percentage in total, A manufacturing method of an aluminum alloy for a forge stirring said melting alloy [ near the coagulation temperature ] in a cooling process which cools a melting alloy to coagulation temperature.

[Claim 4]A forging method of a product which consists of an aluminum alloy for a forge forging within a forging die what was forged after heating the aluminum alloy for a forge according to claim 2 to prescribed temperature below melting temperature in a forging die, or heated to prescribed temperature below melting temperature out of a forging die.

[Claim 5]A piston for internal-combustion engines which consists of the aluminum alloy for a forge according to claim 1.

[Claim 6]A cylinder bush for internal-combustion engines which consists of the aluminum alloy for a forge according to claim 1.

[Claim 7]A cylinder block for internal-combustion engines which casts the cylinder bush according to claim 6.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to an aluminum alloy for a forge, and a manufacturing method for the same.

[0002]

[Description of the Prior Art]As a material exposed to elevated-temperature heavy loads molded by forge, such as the piston and cylinder bush of an internal-combustion engine, and a connecting rod, while hot fatigue strength and abrasion resistance are excellent, a material excellent in the forgeability which can mold light-gage shape is required.

[0003]An aluminum (aluminum) alloy was used as a piston material of the former, for example, an internal-combustion engine. It is planning improving the abrasion resistance and baking-proof nature which silicon (Si) is added by this aluminum alloy, make crystallize a hard primary phase or eutectic silicon particles in a metal texture, and are required of the sliding surface of a piston.

[0004]Such an aluminum alloy is in the state of the ingot of an alloy, or melting is carried out all over a fusion furnace in the state of the ingot for every ingredient, or powder, Cooling coagulation of this is carried out and it pulls out as a continuous casting object of round bar shape, and this is cut, a billet is formed, this billet is supplied in a mold, and forge molding of the piston is carried out.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, the content of silicon is less than about 12% of case in a weight percentage, In the case where the elements (Fe, Mn, Cr, Ti, V, Zr, etc.) which make the intermetallic compound of aluminum and a high-melting point are contained, As shown in the aluminum-Si constitutional diagram of drawing 9, the primary crystal silicon of a high-melting point does not deposit, but primary phase aluminum deposits, and the grain size of the intermetallic compound of this aluminum influences the characteristic of a metal texture.

[0006]In the conventional aluminum alloy manufacturing method, the particles of this intermetallic compound grow by a cooling process, become 20 micrometers or a size beyond it, and are scattered all over eutectic structure. Thus, if the grain size of an intermetallic compound is large, stretch of an organization is small, a crystal breaks easily, forgeability falls, and crystal grain child size will become uneven and abrasion resistance will fall.

[0007]When pulling out as a continuous casting object from a fusion furnace furthermore, in order that temperature distribution may arise in the circumference and the central part of a round bar, the circumference may be cooled quickly, it may solidify previously and the central part may solidify late, the particles of the central part grow further, and become large, and grain size becomes still more uneven.

[0008]On the other hand, by performing an agitation action by the cooling process of a melting alloy, stirring distribution of the core of a crystal is carried out, a cooling action is raised, and it is known that a crystal grain child's growth will be controlled. Therefore, in aluminum-Si alloy, it is possible by performing an agitation action by the cooling process of a melting alloy that grain size of an intermetallic compound can be made small [ enough ] to about 10 micrometers or less.

[0009]However, the use which can demonstrate the usefulness is not known about aluminum-Si alloy which made grain size of such an intermetallic compound small enough.

[0010]This invention is a thing in consideration of the above-mentioned point, and is \*\*\*\*. The purpose is offer of the aluminum alloy which developed the use which can demonstrate the usefulness about aluminum-Si alloy which made grain size of \*\* small enough.

[0011]

[Means for Solving the Problem]In order to attain said purpose, in this invention, make aluminum into a fundamental component and at least A Si component of less than 12% of weight percentage, An element ingredient which makes 0.7% or more of aluminum and a high-melting point intermetallic compound of a weight percentage in total is contained, and an aluminum alloy for a forge, wherein average size of particles of said high-melting point intermetallic compound is 10 micrometers or less is provided.

[0012]Namely, by containing in total elements (Fe, Mn, Cr, Ti, V, Zr, etc.) which make aluminum and a high-melting point intermetallic compound from this invention 0.7% or more, and average size of particles of this high-melting point intermetallic compound being 10 micrometers or less, Paying attention to a point that ductility at the time of a forge is improved, a crack is controlled and forgeability is improved, an aluminum alloy for a forge used as a forged product is provided.

[0013]Furthermore by this invention, with aluminum of a fundamental component, at least A Si component of less than 12% of weight percentage, In an aluminum alloy for a forge produced by solidifying after fusing an element ingredient which makes 0.7% or more of aluminum and a high-melting point intermetallic compound of a weight percentage in total, In a

cooling process which cools a melting alloy to coagulation temperature, an aluminum alloy for a forge average size of particles of said high-melting point intermetallic compound being 10 micrometers or less is provided by stirring said melting alloy [ near the coagulation temperature ].

[0014]Thus, by a cooling process of a melting alloy, average size of particles of a high-melting point intermetallic compound can be 10 micrometers or less certainly by performing an agitation action near the coagulation temperature of a melting alloy.

[0015]Furthermore by this invention, with aluminum of a fundamental component, at least A Si component of less than 12% of weight percentage, In a manufacturing method of an aluminum alloy for a forge solidified after fusing an element ingredient which makes 0.7% or more of aluminum and a high-melting point intermetallic compound of a weight percentage in total, In a cooling process which cools a melting alloy to coagulation temperature, a manufacturing method of an aluminum alloy for a forge stirring said melting alloy [ near the coagulation temperature ] is provided.

[0016]By this method, average size of particles of a high-melting point intermetallic compound can be 10 micrometers or less certainly as mentioned above.

[0017]Furthermore, after heating the above-mentioned aluminum alloy for a forge to prescribed temperature below melting temperature in a forging die, it forges of this invention, Or a forging method of a product which consists of an aluminum alloy for a forge forging within a forging die what heated to prescribed temperature below melting temperature out of a forging die is provided.

[0018]After heating according to this composition to such an extent that an aluminum alloy for a forge is not fused, in order to forge, forgeability is improved further.

[0019]There is a piston for internal-combustion engines as an example of a forge use of the above-mentioned aluminum alloy for a forge.

[0020]There is a cylinder bush for internal-combustion engines as another example of the above-mentioned aluminum alloy forge use for a forge.

[0021]A cylinder bush using an aluminum alloy of this invention is cast, and a cylinder block for internal-combustion engines is constituted.

[0022]

[Embodiment of the Invention]Drawing 1 is a lineblock diagram of an example of the internal-combustion engine with which this invention is applied. This example shows the four stroke cycle engine 1. It is pressed fit or cast, the inner surface of the cylinder block 2 is equipped with the cylinder bush 3, and the piston 4 slides on the inner surface. The piston 4 is connected with the crankshaft 8 via the piston pin 5, the connecting rod 6, and the crank arm 7. The inlet pipe 9 and the exhaust pipe 10 are connected to the upper cylinder head part of the cylinder block 2, and it is equipped with the inlet valve 11 and the exhaust valve 12, respectively. It is equipped with the throttle 13 and the fuel injection valve 14 on the inlet pipe 9. 15 is a spark plug. The valve escape 16 is formed in the upper surface of the piston 4.

[0023]In order that such the piston 4, the cylinder bush 3, or connecting rod 6 grade of the engine 1 may operate by an elevated-temperature high rotational with an engine high increase in power, while sufficient heat resistance, abrasion resistance, and intensity are required, the forgeability at the time of manufacture is required. The aluminum alloy which fills such a demand with this invention is provided.

[0024]Drawing 2 is a lineblock diagram of the fusion furnace for manufacturing the aluminum alloy for a forge concerning this invention, and drawing 3 is a flow chart which shows the process of manufacturing a forging with this aluminum alloy for a forge.

[0025]As shown in drawing 2, the molten metal 20 which the heater 19 was wound around the circumference of the fusion furnace 18 which has the entrance slot 17 in the upper part, and the inside fused is heated. The fused alloy (molten metal) 20 is drawn out by the roller 21 as the continuous casting object 23 of cylindrical solid cylindrical shape from the pars basilaris occipitalis of the fusion furnace 18, being cooled. When pulling out such a solid continuous casting object 23, since it is cooled from the circumference of a round bar, cooling of the central part is overdue, as A shows, temperature distribution arises and the state where the circumference is [ an inside ] a fluid in solid form is made. In this embodiment, the agitating equipment 24 which consists of an electromagnet or an ultrasonic wave oscillator near such a solidification position is formed, molten metal is stirred by electromagnetic induction or supersonic vibration, and the core of a crystal is distributed. While the temperature gradient of the central part and a peripheral part is eased by this, the temperature distribution A is controlled, a cooling rate is sped up, growth of particles is controlled and grain size becomes small, the product of the characteristic where the crystal grain child distributed uniformly and was stabilized is obtained.

[0026]The flow chart in the case of manufacturing a forging using such an alloy is shown in drawing 3. First, the ingot of aluminum-Si alloy of the presentation shown in Table 1 of the following which is one example of this invention alloy is prepared, and this is supplied from the entrance slot 17 of the fusion furnace 18 (drawing 2) (Step S1).

[0027]

[Table 1]

mass%							
Si	Cu	Mg	Fe	Mn	Cr	Ti	Al
10.0-12.0	4.0-4.6	0.5-0.7	0.2-0.3	0.2-0.3	≤0.1	≤0.2	bal.

[0028]In this case, the ingot of an alloy state may be thrown in, or the ingot or powder for every ingredient may be thrown in, and melting mixing may be carried out inside a fusion furnace.

[0029]Next, this ingot is dissolved, and it is made to solidify, stirring molten metal with the agitating equipment 24 (drawing

2), such as an electromagnet, as mentioned above, and distributing a core (Step S2). When a Si content is made into less than 12% with a weight percentage at this time, in connection with a temperature reduction, primary crystal silicon does not deposit, but the influence of silicon particles becomes small, and the influence of the particles of the intermetallic compound made between another side Fe, Mn, and Cr, Ti, and aluminum becomes large so that it may understand from the constitutional diagram of drawing 9. In this example, since growth of an intermetallic compound is controlled by the agitation action, grain size is about 10 micrometers or less.

[0030]In this case, as inoculation material of aluminum, by adding Lynn (P), sodium (Na), strontium (Sr), antimony (Sb), etc., the core of a crystal increases and the minuteness making of an intermetallic compound is promoted further.

[0031]Although the example of 10.0-12.0 was shown as weight [ of Si ] %, 5% - 10% or less of 10% may be sufficient.

[0032]Thus, the continuous casting object which set grain size of the intermetallic compound to about 10 micrometers or less is pulled out, being cooled naturally (Step S3), it is cut per forging, and a billet is formed (step S4). It is put into each billet by the mold and a forging is molded (Step S5). It is desirable to forge, after heating at this time to such an extent that the billet of an aluminum alloy is not fused (i.e., since it heats to the temperature which does not exceed eutectic temperature (about 570 \*\*)). In this case, it may heat within a forging die, and \*\*\*\*\* is also good after heating, or it may heat out of a forging die and this may be forged within a forging die. Thereby, forgeability is improved and a quality forging is obtained.

[0033]Then, in order to raise the intensity of a forging, T6 processing of hardening annealing, etc. are heat-treated (Step S6), and it is machined, shape is prepared, and forging processing is ended (Step S7).

[0034]Drawing 4 is a lineblock diagram of the mold of the piston forged using the aluminum alloy concerning above-mentioned this invention, and drawing 5 is a sectional view of the forged piston.

[0035]As shown in drawing 4, between the punch 27 which has the crevice 26 for the heights 25 corresponding to the valve escape 16 (drawing 1), and the fibre flow formation for strengthening, and the bottom part 28 which consists of the frame mold 28a and the medium size 28b. The billet 29 which consists of an aluminum alloy for a forge concerning above-mentioned this invention is inserted. The shoulder of the medium size 28b is equipped with the ejector rod 30 for extracting this, after molding a forging, and the ejector rod 30 is driven by the oil hydraulic cylinder 30A.

[0036]As shown in drawing 5 (A), the fibre flow 31 is formed in the piston material 32 after a forge according to the uneven shape of an outside, and, thereby, raw material intensity is raised to it. It is machined into such a piston material and forming of a top land, a ring groove, a piston pin hole, etc. is carried out, and the piston 33 is completed as shown in drawing 5 (B).

[0037]Drawing 6 is a sectional view of the cylinder block with which this invention is applied. It has the cooling water jacket 36, and it is pressed fit or cast and the inner surface of the cylinder block 34 with which the crankcase 37 was formed in the lower part is equipped with the cylinder bush 35. In order that the above-mentioned piston may slide over the inner surface of this cylinder bush 35, sufficiently large heat resistance, abrasion resistance, intensity, and forgeability are required like a piston also from this cylinder bush 35. Therefore, the forging forgeability was excellent in and heat resistance and abrasion resistance excelled [ forging ] in sufficient intensity is obtained by carrying out forge molding also with this cylinder bush using the aluminum alloy for a forge concerning above-mentioned this invention. The aluminum alloy for a forge of this invention may be used, and a connecting rod may be manufactured through a forge process.

[0038]Drawing 7 is a graph of the crack generation frequency of an intermetallic compound to the mean particle diameter of the intermetallic compound of aluminum-Si alloy. If mean particle diameter is set to about 10 micrometers or less as shown in a figure, the rate of a crack generation will fall rapidly. Therefore, as for the mean particle diameter of the intermetallic compound of the aluminum alloy for a forge concerning this invention, it is desirable that it is 10 micrometers or less.

[0039]Drawing 8 is a microphotograph of the aluminum alloy for a forge concerning this invention. (A) shows 100 times and (B) shows 400 times. A black part is an intermetallic compound and it was checked that the sizes of particles are almost uniformly scattered at about 10 micrometers or less.

[0040]

[Effect of the Invention]In the aluminum alloy which contains the element ingredient which makes aluminum of 0.7% or more of weight percentage, and a high-melting point intermetallic compound from a weight percentage in less than 12% of Si, and the sum total at this invention as explained above, By adding inoculation material still more preferably by stirring a melting alloy near the coagulation temperature, The mean particle diameter of an intermetallic compound can be 10 micrometers or less, and by this, It excels in forgeability with heat resistance, and excels in abrasion resistance, and an aluminum alloy with high intensity is obtained, by forging using this aluminum alloy, the moldability of a thin-walled part is good and a forging with high reliability which excelled [ intensity ] in heat resistance and abrasion resistance highly is obtained.

[0041]As such a forging, by forming the piston and cylinder bush of an internal-combustion engine, baking is not caused at the time of an elevated-temperature heavy load, but it excels in heat resistance and abrasion resistance, and the engine with which the reliable operation with strong intensity is attained is obtained corresponding to an engine high increase in power.

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]The lineblock diagram of the engine with which this invention is applied.

[Drawing 2]The lineblock diagram of the fusion furnace used by this invention.

[Drawing 3]The flow chart of the forging manufacturing process of this invention.

[Drawing 4]The lineblock diagram of the forging die used by this invention.

[Drawing 5]The sectional view of the piston forged using the mold of drawing 4.

[Drawing 6]The sectional view of the cylinder block with which this invention is applied.

[Drawing 7]The graph of the crack generation frequency of an intermetallic compound.

[Drawing 8]The microphotograph of the aluminum alloy concerning this invention.

[Drawing 9]The constitutional diagram of aluminum-Si.

[Description of Notations]

An engine, 2:cylinder block, 3:cylinder bush, 4 : 1: A piston, A piston pin, 6:connecting rod, 7:crank arm, 8 : 5: A crankshaft, An inlet pipe, 10:exhaust pipe, 11:inlet valve, 12:exhaust valve, 13 : 9: A throttle, A fuel injection valve, 15:spark plug, 16:valve escape, 17 : 14: An entrance slot, A fusion furnace, 19:heater, 20:molten metal, 21:roller, 23 : 18: A continuous casting object, 24: Agitating equipment, 25:heights, 26:crevice, 27:punch, 28:bottom part, 29:billet, 30:ejector rod, 31:fiber flow, 32:piston material, 33:piston, 34:cylinder block, 35:cylinder bush, 36:cooling jacket, 37 : crankcase.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-335767

(43) 公開日 平成11年(1999)12月7日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

C 2 2 C 21/02

C 2 2 C 21/02

B 2 1 J 5/00

B 2 1 J 5/00

D

B 2 2 D 21/04

B 2 2 D 21/04

A

C 2 2 C 1/02

C 2 2 C 1/02

5 0 1 B

5 0 1

5 0 3 J

5 0 3

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平10-144024

(22) 出願日

平成10年(1998)5月26日

(71) 出願人 000010076

ヤマハ発動機株式会社

静岡県磐田市新貝2500番地

(72) 発明者 小池 俊勝

静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機  
株式会社内

(72) 発明者 山縣 裕

静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機  
株式会社内

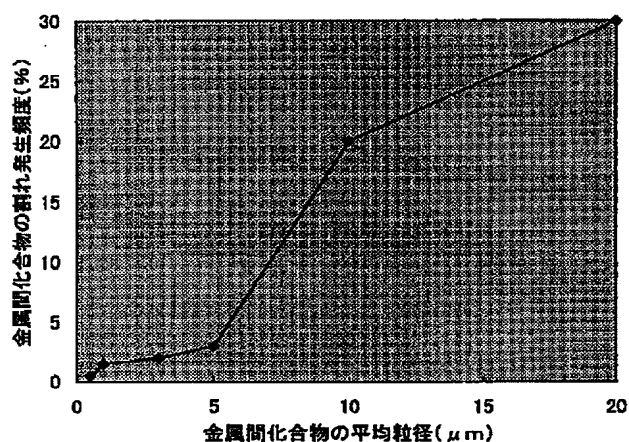
(74) 代理人 弁理士 荒井 潤

(54) 【発明の名称】 鍛造用アルミニウム合金及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 金属間化合物の粒子サイズを十分に小さくした A l - S i 合金について、その有用性を発揮できる用途を開発する。

【解決手段】 アルミニウムを基本成分とし、少なくとも、12%未満の重量割合の S i 成分と、合計で0.7%の重量割合のアルミニウムと高融点金属間化合物を作る元素成分を含有し、金属間化合物の粒子の平均サイズが10  $\mu$  m以下である鍛造用アルミニウム合金。金属間化合物の平均サイズを10  $\mu$  m以下とすることにより、鍛造時の延性が高められ割れが抑制されて鍛造性が高められる点に着目して、鍛造製品として用いることを特徴とする鍛造用アルミニウム合金。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】アルミニウムを基本成分とし、  
少なくとも、12%未満の重量割合のSi成分と、  
合計で0.7%以上の重量割合のアルミニウムと高融点  
金属間化合物を作る元素成分とを含有し、  
前記高融点金属間化合物の粒子の平均サイズが10 $\mu$ m  
以下であることを特徴とする鍛造用アルミニウム合金。

【請求項2】基本成分のアルミニウムと、  
少なくとも、12%未満の重量割合のSi成分と、  
合計で0.7%以上の重量割合のアルミニウムと高融点  
金属間化合物を作る元素成分とを溶解した後、凝固して  
得られる鍛造用アルミニウム合金において、  
溶融合金を凝固温度まで冷却する冷却過程において、凝  
固温度近傍において前記溶融合金を攪拌することにより  
前記高融点金属間化合物の粒子の平均サイズを10 $\mu$ m  
以下としたことを特徴とする鍛造用アルミニウム合金。

【請求項3】基本成分のアルミニウムと、  
少なくとも、12%未満の重量割合のSi成分と、  
合計で0.7%以上の重量割合のアルミニウムと高融点  
金属間化合物を作る元素成分とを溶解した後、凝固する  
ようにした鍛造用アルミニウム合金の製造方法におい  
て、  
溶融合金を凝固温度まで冷却する冷却過程において、凝  
固温度近傍において前記溶融合金を攪拌することを特徴  
とする鍛造用アルミニウム合金の製造方法。

【請求項4】請求項2に記載の鍛造用アルミニウム合金  
を、鍛造型内において溶融温度以下の所定温度に加熱し  
た後鍛造し、あるいは鍛造型外において溶融温度以下の  
所定温度に加熱したものを鍛造型内で鍛造することを特  
徴とする鍛造用アルミニウム合金からなる製品の鍛造方  
法。

【請求項5】請求項1に記載の鍛造用アルミニウム合金  
からなる内燃機関用ピストン。

【請求項6】請求項1に記載の鍛造用アルミニウム合金  
からなる内燃機関用シリンダライナー。

【請求項7】請求項6に記載のシリンダライナーを鑄込  
んでなる内燃機関用シリンダブロック。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は鍛造用アルミニウム  
合金及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】鍛造により成型される内燃機関のピスト  
ンやシリンダライナー、コンロッド等の高温高負荷にさら  
される材料として、高温における疲労強度および耐摩  
耗性が優れるとともに薄肉形状が成型可能な鍛造性に優  
れた材料が要求される。

【0003】従来、例えば内燃機関のピストン材料とし  
てはアルミニウム(A1)合金が用いられていた。この  
アルミニウム合金にはシリコン(Si)が添加され、金

属組織中に硬質の初晶または共晶シリコン粒子を晶出さ  
せてピストンの摺動面に要求される耐摩耗性および耐焼  
付け性を高めることを図っている。

【0004】このようなアルミニウム合金は、合金のイン  
ゴットの状態でまたは各成分ごとのインゴットまたは  
粉末の状態で溶解炉中で溶融され、これを冷却凝固させ  
て丸棒状の連続铸造体として引き出し、これを切断して  
ビレットを形成し、このビレットを型内に投入してピス  
トンを鍛造成型している。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、シリコ  
ンの含有量が重量割合で約12%未満の場合であって、  
アルミニウムと高融点の金属間化合物を作る元素(F  
e, Mn, Cr, Ti, V, Zr等)を含有する場合に  
おいては、図9のAl-Si状態図に示すように、高融  
点の初晶シリコンは析出せず、初晶アルミニウムが析出  
し、このアルミニウムの金属間化合物の粒子サイズが金  
属組織の特性に影響する。

【0006】従来のアルミニウム合金製造方法において  
は、この金属間化合物の粒子が冷却過程で成長して20  
 $\mu$ mあるいはそれ以上の大きさになって共晶組織中に散  
在する。このように金属間化合物の粒子サイズが大きい  
と、組織の伸びが小さく結晶が割れやすくなって鍛造性  
が低下し、また結晶粒子サイズが不均一となって耐摩耗  
性が低下する。

【0007】さらに溶解炉から連続铸造体として引き出  
す際、丸棒の周囲と中心部とで温度分布が生じ、周囲が  
速く冷却されて先に凝固し中心部が遅く凝固するため、  
中心部の粒子がさらに成長して大きくなり粒子サイズが  
さらに不均一になる。

【0008】一方、溶融合金の冷却過程で攪拌作用を施  
すことにより、結晶の核が攪拌分散されて冷却作用が高  
められ、結晶粒子の成長が抑制されることが知られてい  
る。したがって、Al-Si合金において、溶融合金の  
冷却過程で攪拌作用を施すことにより、金属間化合物の  
粒子サイズを例えば10 $\mu$ m程度以下に充分小さくでき  
ることが考えられる。

【0009】しかしながら、このような金属間化合物の  
粒子サイズを充分に小さくしたAl-Si合金につい  
て、その有用性を発揮できる用途は知られていない。

【0010】本発明は上記の点を考慮したものであっ  
て、金属間化合物の粒子サイズを充分に小さくしたAl  
-Si合金について、その有用性を発揮できる用途を開  
発したアルミニウム合金の提供を目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するた  
め、本発明では、アルミニウムを基本成分とし、少なく  
とも、12%未満の重量割合のSi成分と、合計で0.  
7%以上の重量割合のアルミニウムと高融点金属間化合  
物を作る元素成分とを含有し、前記高融点金属間化合物



の粒子の平均サイズが $10\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする鍛造用アルミニウム合金を提供する。

【0012】すなわち、本発明ではAlと高融点金属間化合物を作る元素(Fe, Mn, Cr, Ti, V, Zr等)を合計で0.7%以上含有し、この高融点金属間化合物の粒子の平均サイズを $10\mu\text{m}$ 以下とすることにより、鍛造時の延性が高められ割れが抑制されて鍛造性が高められる点に着目して、鍛造製品として用いる鍛造用アルミニウム合金を提供するものである。

【0013】さらに本発明では、基本成分のアルミニウムと、少なくとも、12%未満の重量割合のSi成分と、合計で0.7%以上の重量割合のアルミニウムと高融点金属間化合物を作る元素成分とを溶解した後、凝固して得られる鍛造用アルミニウム合金において、溶融合金を凝固温度まで冷却する冷却過程において、凝固温度近傍において前記溶融合金を攪拌することにより前記高融点金属間化合物の粒子の平均サイズを $10\mu\text{m}$ 以下としたことを特徴とする鍛造用アルミニウム合金を提供する。

【0014】このように溶融合金の冷却過程で、溶融合金の凝固温度近傍で攪拌作用を施すことにより、高融点金属間化合物の粒子の平均サイズを確実に $10\mu\text{m}$ 以下とすることができる。

【0015】さらに本発明では、基本成分のアルミニウムと、少なくとも、12%未満の重量割合のSi成分と、合計で0.7%以上の重量割合のアルミニウムと高融点金属間化合物を作る元素成分とを溶解した後、凝固するようにした鍛造用アルミニウム合金の製造方法において、溶融合金を凝固温度まで冷却する冷却過程において、凝固温度近傍において前記溶融合金を攪拌すること

を特徴とする鍛造用アルミニウム合金の製造方法を提供する。

【0016】この方法により、前述のように、高融点金属間化合物の粒子の平均サイズを確実に $10\mu\text{m}$ 以下とすることができる。

【0017】さらに本発明では、上記鍛造用アルミニウム合金を、鍛造型内において溶解温度以下の所定温度に加熱した後鍛造し、あるいは鍛造型外において溶解温度以下の所定温度に加熱したものを鍛造型内で鍛造することを特徴とする鍛造用アルミニウム合金からなる製品の鍛造方法を提供する。

【0018】この構成によれば、鍛造用アルミニウム合金を溶解しない程度に加熱してから鍛造するため、鍛造性がさらに高められる。

【0019】上記鍛造用アルミニウム合金の鍛造用途の一例としては内燃機関用ピストンがある。

【0020】上記鍛造用アルミニウム合金鍛造用途の別の例として内燃機関用シリンダライナーがある。

【0021】また、本発明のアルミニウム合金を用いた

シリンダライナーを鑄込んで内燃機関用シリンダブロックが構成される。

【0022】

【発明の実施の形態】図1は、本発明が適用される内燃機関の一例の構成図である。この例は4サイクルエンジン1を示す。シリンダブロック2の内面にシリンダライナー3が圧入または鑄込まれて装着され、その内面をピストン4が摺動する。ピストン4は、ピストンピン5、コンロッド6およびクランクアーム7を介してクランク軸8に連結される。シリンダブロック2の上方のシリンダヘッド部には、吸気管9および排気管10が接続され、それぞれ吸気弁11および排気弁12が装着される。吸気管9上にはスロットル13および燃料噴射弁14が装着される。15は点火プラグである。ピストン4の上面にはバルブ逃げ16が形成される。

【0023】このようなエンジン1のピストン4やシリンダライナー3あるいはコンロッド6等は、エンジンの高出力化に伴い高温高回転で作動するため、十分な耐熱性、耐摩耗性、強度が要求されるとともに製造時の鍛造性が要求される。本発明ではこのような要求を満たすアルミニウム合金を提供する。

【0024】図2は、本発明に係る鍛造用アルミニウム合金を製造するための溶解炉の構成図であり、図3はこの鍛造用アルミニウム合金により鍛造品を製造する工程を示すフローチャートである。

【0025】図2に示すように、上部に投入口17を有する溶解炉18の周囲にヒータ19が巻回され内部の溶融した溶湯20を加熱する。溶融した合金(溶湯)20は冷却されながら溶解炉18の底部からローラ21により棒状の固体円柱形状の連続鑄造体23として引き出される。このような固体連続鑄造体23を引き出す際、丸棒の周囲から冷却されるため中心部の冷却が遅れ、Aで示すように温度分布が生じて周囲が固体で内部が液体の状態ができる。本実施形態では、このような凝固位置の近傍に電磁石または超音波発振器からなる攪拌装置24を設けて、電磁誘導あるいは超音波振動により溶融金属を攪拌し、結晶の核を分散させる。これにより中心部と外周部の温度差が緩和され温度分布Aが抑制されて冷却速度が速められ、粒子の成長が抑制されて粒子サイズが小さくなるとともに結晶粒子が均一に分散して安定した特性の製品が得られる。

【0026】このような合金を用いて鍛造品を製造する場合のフローチャートを図3に示す。まず、本発明合金の1つの例である以下の表1に示す組成のAl-Si合金のインゴットを準備して、これを溶解炉18(図2)の投入口17から投入する(ステップS1)。

【0027】

【表1】

mass%

Si	Cu	Mg	Fe	Mn	Cr	Ti	Al
10.0-12.0	4.0-4.6	0.5-0.7	0.2-0.3	0.2-0.3	≤0.1	≤0.2	bal.

【0028】この場合、合金状態のインゴットを投入してもよいし、あるいは各成分ごとのインゴットまたは粉末を投入して溶解炉内部で熔融混合してもよい。

【0029】次に、このインゴットを溶解し、前述のように電磁石等の攪拌装置24（図2）により熔融金属を攪拌し核を分散させながら凝固させる（ステップS2）。このとき、Si含有量を重量割合で12%未満とした場合には、図9の状態図から分かるように、温度低下に伴い、初晶シリコンは析出せず、シリコン粒子の影響は小さくなり、他方Fe、Mn、Cr、TiとAlとの間で作られた金属間化合物の粒子の影響が大きくなる。本実施例では、攪拌作用により金属間化合物の成長が抑制されるため粒子サイズは10μm程度以下である。

【0030】この場合、アルミニウムの接種材として、リン（P）、ナトリウム（Na）、ストロンチウム（Sr）、アンチモン（Sb）等を添加しておくことにより、結晶の核が多くなり金属間化合物の微細化がさらに促進される。

【0031】なおSiの重量%として10.0～12.0の例を示したが、10%以下の例えば5%～10%でもよい。

【0032】このようにして金属間化合物の粒子サイズを10μm程度以下にした連続铸造体は自然冷却されながら引き出され（ステップS3）、鍛造品単位に切断されてビレットが形成される（ステップS4）。各ビレットが型に入れられて鍛造品が成型される（ステップS5）。このとき、アルミニウム合金のビレットを溶融しない程度に加熱してから、すなわち共晶温度（約570℃）を超えない温度に加熱してから鍛造することが望ましい。この場合、鍛造型内で加熱し加熱後に鍛造したのもよいし、あるいは鍛造型外で加熱してこれを鍛造型内で鍛造してもよい。これにより、鍛造性が高められ高品質の鍛造品が得られる。

【0033】続いて、鍛造品の強度を高めるために焼入れ焼戻しのT6処理等の熱処理を施し（ステップS6）、機械加工を施して形状を整えて鍛造加工処理を終了する（ステップS7）。

【0034】図4は、上記本発明に係るアルミニウム合金を用いて鍛造するピストンの型の構成図であり、図5は、鍛造したピストンの断面図である。

【0035】図4に示すように、バルブ逃げ16（図1）に対応する凸部25および強化用ファイバーフロー形成のための凹部26を有する上型27と、枠型28aおよび中型28bからなる下型28との間に、前述の本

発明に係る鍛造用アルミニウム合金からなるビレット29が挿入される。中型28bの肩部には鍛造品を成型後にこれを抜出すための突出し棒30が備わり、突出し棒30は油圧シリンダ30Aにより駆動される。

【0036】図5（A）に示すように、鍛造後のピストン素材32には、外形の凹凸形状にしたがってファイバーフロー31が形成され、これにより素材強度が高められる。このようなピストン素材に機械加工を施してトップランドやリング溝およびピストンピン孔等を加工形成し、図5（B）に示すようにピストン33が完成する。

【0037】図6は、本発明が適用されるシリンダブロックの断面図である。冷却水ジャケット36を有し、下部にクランク室37が形成されたシリンダブロック34の内面にシリンダライナー35が圧入または鑄込まれて装着される。このシリンダライナー35の内面に沿って前述のピストンが摺動するため、このシリンダライナー35に対してもピストンと同様に、充分大きい耐熱性、耐摩耗性、強度および鍛造性が要求される。したがって、このシリンダライナーについても、前述の本発明に係る鍛造用アルミニウム合金を用いて鍛造成型することにより、鍛造性が優れ充分な強度で耐熱性および耐摩耗性が優れた鍛造品が得られる。また、本発明の鍛造用アルミニウム合金を使用し、鍛造プロセスを経てコンロッドを製造してもよい。

【0038】図7は、Al-Si合金の金属間化合物の平均粒径に対する金属間化合物の割れ発生頻度のグラフである。図から分かるように、平均粒径が約10μm以下になると割れ発生率が急激に低下する。したがって、本発明に係る鍛造用アルミニウム合金の金属間化合物の平均粒径は10μm以下であることが望ましい。

【0039】図8は、本発明に係る鍛造用アルミニウム合金の顕微鏡写真である。（A）は100倍、（B）は400倍を示す。黒色部分が金属間化合物であり、粒子のサイズは約10μm以下でほぼ均一に散在していることが確認された。

【0040】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、重量割合で12%未満のSiと合計で0.7%以上の重量割合のアルミニウムと高融点金属間化合物を作る元素成分とを含有するアルミニウム合金において、凝固温度の近傍で溶融合金を攪拌することにより、さらに好ましくは接種材を添加することにより、金属間化合物の平均粒径を10μm以下にすることができ、これにより、耐熱性ととも鍛造性に優れ、耐摩耗性に優れ強度の高いアルミニウム合金が得られ、このアルミニウム合金を用いて

鍛造することにより薄肉部の成型性が良好で強度が高く耐熱性および耐摩耗性に優れた信頼性の高い鍛造品が得られる。

【0041】このような鍛造品として、内燃機関のピストンおよびシリンダライナーを形成することにより、エンジンの高出力化に対応して、高温高負荷時に焼き付けを起こさず、耐熱性、耐摩耗性に優れ強度が強く信頼性の高い動作が達成されるエンジンが得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明が適用されるエンジンの構成図。

【図2】 本発明で用いる溶解炉の構成図。

【図3】 本発明の鍛造品製造工程のフローチャート。

【図4】 本発明で用いる鍛造型の構成図。

【図5】 図4の型を用いて鍛造したピストンの断面図。

【図6】 本発明が適用されるシリンダブロックの断面図。

【図7】 金属間化合物の割れ発生頻度のグラフ。 \*

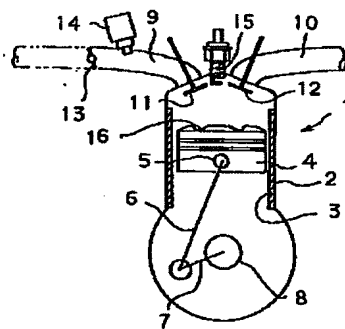
\* 【図8】 本発明に係るアルミニウム合金の顕微鏡写真。

【図9】 Al-Siの状態図。

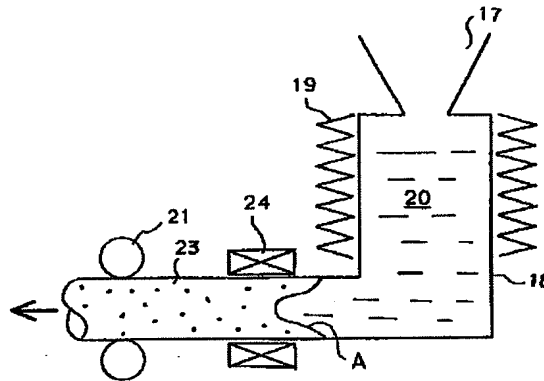
#### 【符号の説明】

1：エンジン、2：シリンダブロック、3：シリンダライナー、4：ピストン、5：ピストンピン、6：コンロッド、7：クランクアーム、8：クランク軸、9：吸気管、10：排気管、11：吸気弁、12：排気弁、13：スロットル、14：燃料噴射弁、15：点火プラグ、16：バルブ逃げ、17：投入口、18：溶解炉、19：ヒータ、20：溶湯、21：ローラ、23：連続 casting 体、24：攪拌装置、25：凸部、26：凹部、27：上型、28：下型、29：ビレット、30：突出し棒、31：ファイバフロー、32：ピストン素材、33：ピストン、34：シリンダブロック、35：シリンダライナー、36：冷却ジャケット、37：クランク室。

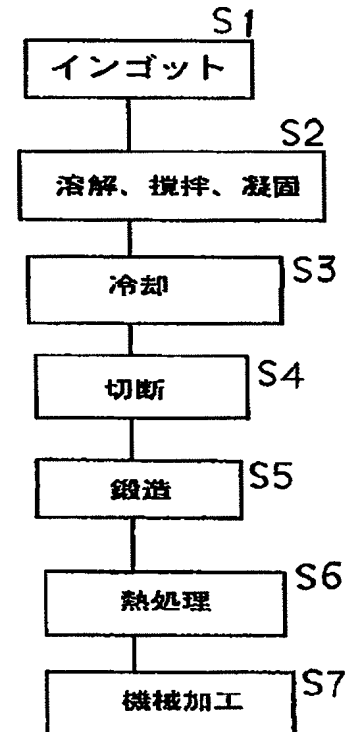
【図1】



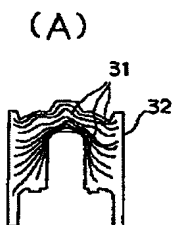
【図2】



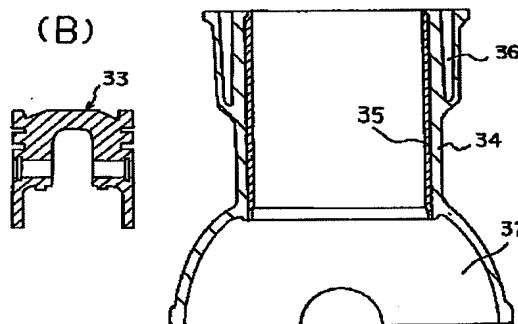
【図3】



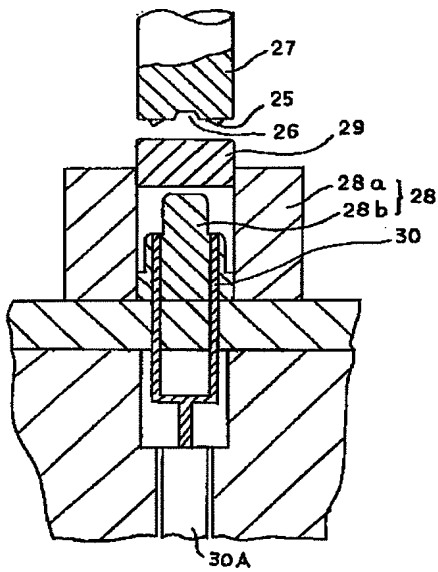
【図5】



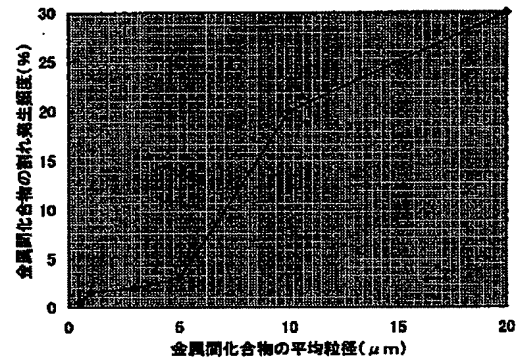
【図6】



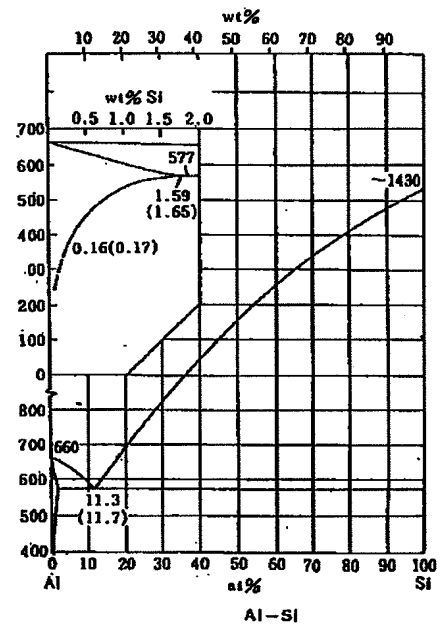
【図4】



【図7】

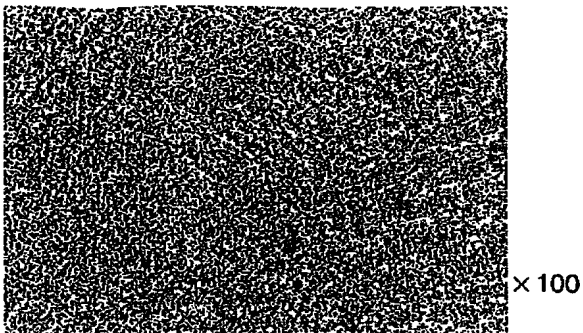


【図9】

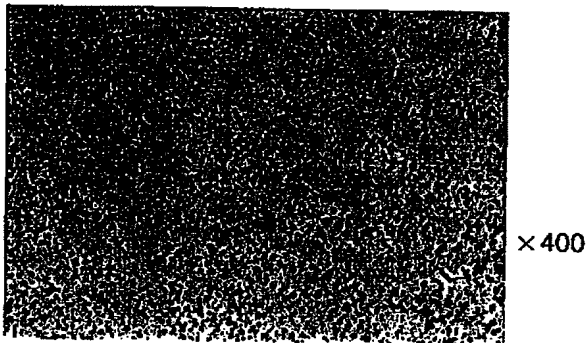


【図8】

(A)



(B)



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

C 2 2 F 1/043

C 2 2 F 1/043

// C 2 2 F 1/00

1/00

6 0 1

6 0 1

6 3 0

6 3 0 K

6 3 0 G

6 3 0 D

6 5 1

6 5 1 B

6 8 3

6 8 3

6 9 4

6 9 4 B